

Diseño de antenas de ranuras en guía radial con alimentación multisonda

Manuel Sierra P., J.M. Salamanca, M. Sierra C., María Vera*, Javier Iglesias*
GRUPO DE RADIACIÓN. DPTO. DE SEÑALES, SISTEMAS Y RADIOCOMUNICACIONES
ETSI de Telecomunicación de Madrid. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
CIUDAD UNIVERSITARIA s/n. 28040 MADRID
*DPTO. DE TECNOLOGÍAS DE LAS COMUNICACIONES. UNIVERSIDAD DE VIGO.
Correo electrónico: manol@gr.ssr.upm.es

Abstract:

This paper presents a new method to excite a radial line slot antenna. When we tried to excite this kind of antenna with one coaxial probe, the contributions to the reflected field of each slot (they were situated forming an Archimedes spiral) originated a variation in amplitude of the electric field in each slot, that means a non uniform excitation in the array. If we excite the antenna with four coaxial probes, varying the phase 90° on each probe, we can produce an incident field with the right phase to place the slots in concentric rings.

1. Planteamiento del problema.

En este artículo vamos a presentar una nueva forma de excitación de una antena de ranuras sobre guía radial con polarización circular. En [1] y [2] se describe la antena alimentada mediante una única sonda que excitaba el modo TEM en la guía. Para conseguir la fase adecuada en cada ranura, y conseguir un array broadside, las ranuras se situaban formando una espiral de Arquímedes. Uno de los problemas que aparecen en este tipo de diseños consiste en la pérdida de uniformidad en la iluminación de las ranuras debida a reflexiones de la onda cilíndrica en la guía. En general, la onda reflejada en una zona de la antena se suma en fase o en contrafase en la zona opuesta, creando una iluminación que varía fuertemente con la coordenada angular.

Aunque se intentó resolver este problema mediante la introducción de pequeños errores aleatorios en la posición de cada ranura, la mejora obtenida era muy escasa por lo que nos decidimos a la sustitución de la sonda coaxial por un circuito formado por cuatro sondas (formando un cuadrado) y el circuito de alimentación necesario para que sus excitaciones estén en cuadratura. De esta forma se puede conseguir una onda cilíndrica cuyos frentes de fase son espirales de Arquímedes y las ranuras de la antena se pueden situar a lo largo de circunferencias concéntricas. Esta forma permite una gran simetría y evita las variaciones de amplitud y fase en la excitación de las ranuras.

A la hora de implementarlo prácticamente aparecen dos fenómenos: por un lado la distorsión de la impedancia de entrada al acercar las sondas y por otro el aumento en el rizado del campo cuando la separación se hace excesiva.

Desde el punto de vista económico la principal desventaja de este método es la necesidad de complicar el circuito de alimentación, pero que se puede compensar con el aumento de ganancia obtenido, que hace que la antena pueda ser de menor tamaño. La segunda ventaja es la mayor simplicidad a la hora de construir la antena, ya que ahora los

elementos se sitúan formando círculos concéntricos, en lugar de formando una espiral de Arquímedes, y el cortocircuito con el que terminamos la guía radial puede ser también una circunferencia. Para obtener más información sobre los desarrollos anteriores a esta antena se puede acudir a [1], [2], [3] y [4].

2. Diseño de las sondas de alimentación.

El objetivo de este sistema de alimentación es conseguir un campo en la guía cuya fase sea directamente proporcional al ángulo ϕ . Este campo se consigue si alimentamos cada una de las cuatro sondas con un desfase relativo de 90° . La disposición de las cuatro sondas y su alimentación relativa se muestra en la Fig. 1.

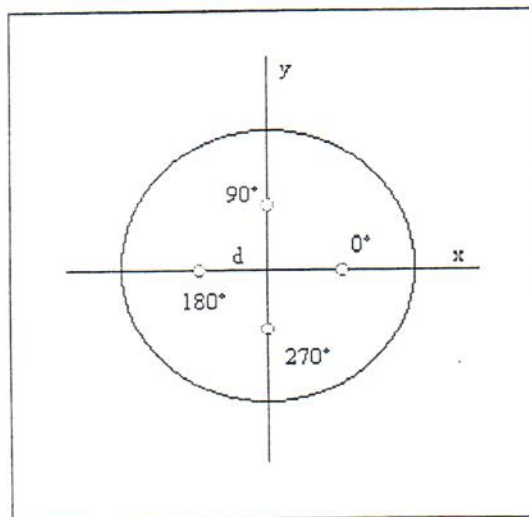


Fig. 1 : Posición y fase de alimentación de las sondas

El circuito equivalente de este conjunto se puede representar mediante la Fig. 2, donde se suponen iguales todas las sondas y unos acoplos también iguales, y dependientes de la distancia de separación.

Los valores de Z_A , Z_B y Z_C se pueden obtener a partir de las expresiones de la matriz $[Z]$ del circuito de alimentación, donde utilizamos las siguientes expresiones matemáticas:

$$z_{ij} = \frac{-\eta \cdot k}{4 \cdot h} \cdot G_i \cdot G_j \cdot \frac{\sqrt{2}}{k \cdot \pi \cdot \rho_{ij}} \cdot e^{-j(k\rho_{ij} - \frac{\pi}{4})} \quad (1)$$

$$G_i = \frac{\cos(k\delta L_i) - \cos(k(L_i + \delta L_i))}{\sin(k(L_i + \delta L_i))} \quad (2)$$

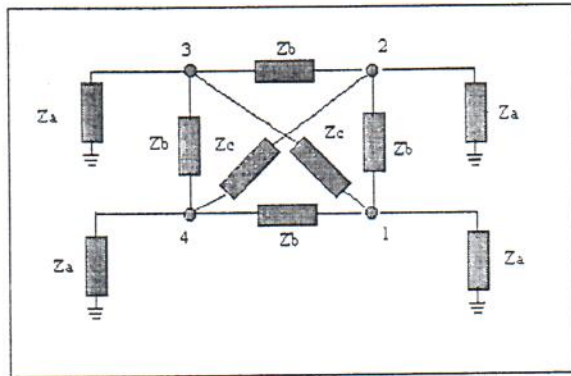


Fig. 2 : Circuito equivalente de las cuatro sondas

Si fijamos el tipo de sonda (radio de 0.65 mm e impedancia característica de 50 ohm) y la separación entre placas de 7.5 mm, a la hora de realizar el diseño tenemos dos variables: la separación entre sondas y la longitud de la sonda.

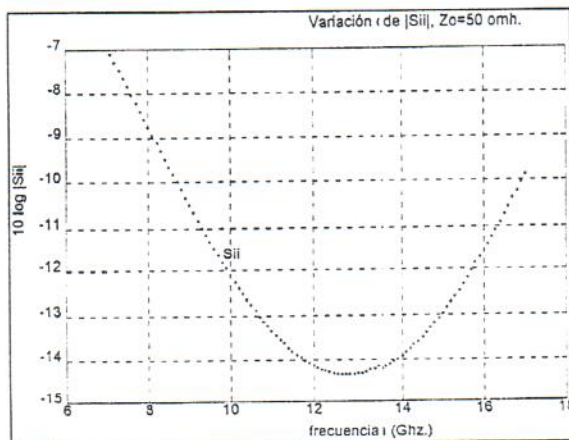


Fig. 3 : Módulo del coeficiente de reflexión

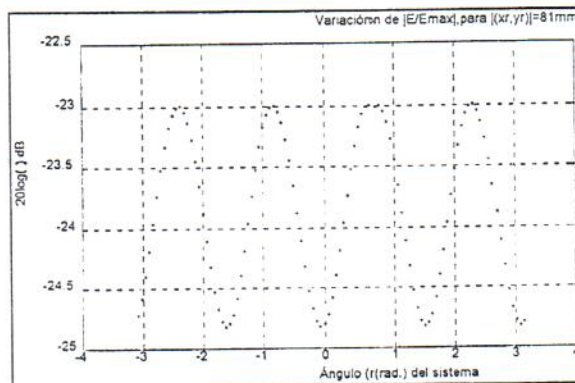


Fig. 4 : Amplitud del campo eléctrico a 81 mm

El mejor valor que se ha conseguido de la distancia de cada sonda al centro de las cuatro es de 4 mm. Con este valor se consigue el coeficiente de reflexión de cada sonda (s_{ii}) mostrado en la Fig. 3 El rizado del campo con la dirección angular a 81 mm del origen del sistema se muestra en la Fig.4. En la Fig. 5 mostramos la fase del campo eléctrico en función del ángulo a 81 mm. Se observa que se consigue el efecto deseado con un pequeño rizado.

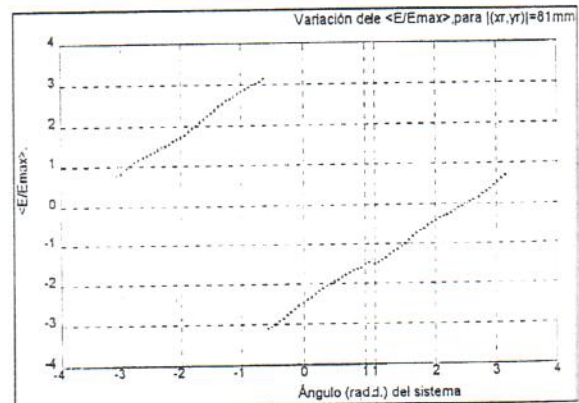


Fig. 5 : Fase del campo eléctrico a 81 mm

3. Circuito de alimentación.

El circuito de alimentación se va a realizar en tecnología microstrip, cumpliendo el requisito de mínima complejidad para reducir costes. Se pretende adaptar impedancias, variando la anchura de las líneas microstrip, (Fig. 6). Para ello, si consideramos el circuito equivalente de la Fig. 7, nos quedan las siguientes relaciones de impedancias:

$$Z_{01} = Z_s = 50 \text{ ohm} \quad (3)$$

$$Z_{02} = Z_s/2 = 25 \text{ ohm} \quad (4)$$

$$Z_{03} = Z_s/3 = 17 \text{ ohm} \quad (5)$$

$$Z_{04} = \sqrt{\frac{Z_s}{4}} \cdot Z_o = 25 \text{ ohm} \quad (6)$$

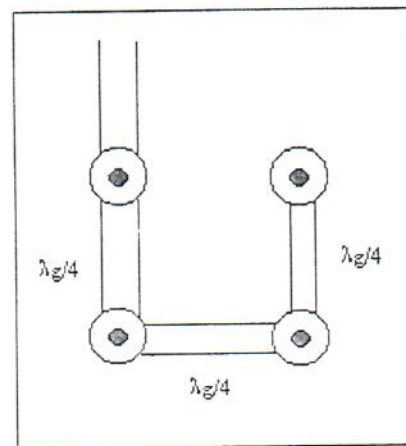


Fig. 6 : Red de alimentación

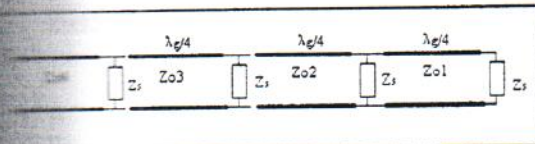


Fig. 7 : Circuito equivalente

Esquema de la antena.

Para conseguir la polarización circular el elemento radiante es un par de ranuras perpendiculares y cuyos centros están separados $\lambda_g/4$. En la Fig. 8 mostramos el esquema de un elemento. El ángulo de inclinación α se ha elegido igual a 45° . La polarización circular a izquierdas o a derechas se obtiene con la posición relativa de las dos ranuras y la fase relativa de las sondas.

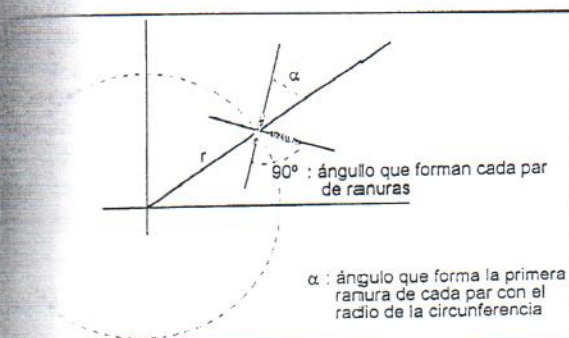


Fig. 8 : Elemento radiante

La ubicación de cada par de ranuras debe seguir una estructura de anillos concéntricos, porque con la alimentación ya conseguimos la variación de fase necesaria en cada dirección angular para conseguir polarización circular. En la Fig. 9 se presenta un esquema de esta disposición. Los valores que se obtienen de separación radial entre pares de ranuras son de λ_g y la separación angular puede variar entre 0.5 y $1 \lambda_g$.

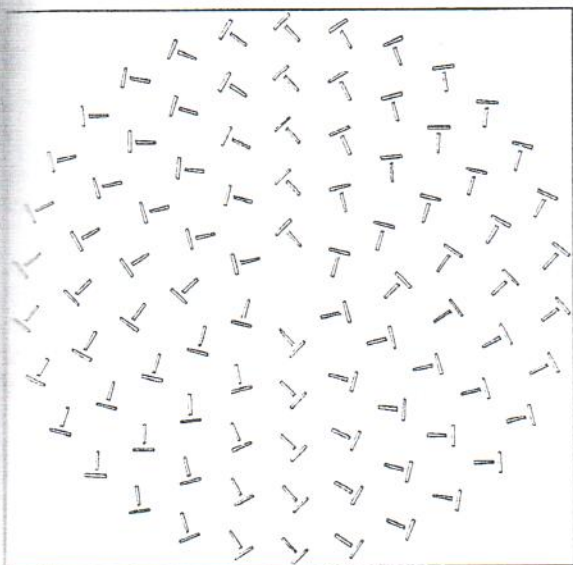


Fig. 9 : Esquema del array

5. Conclusiones y líneas a seguir.

Hemos planteado el diseño de antenas planas de ranuras con alimentación multisonda para resolver los problemas que originaban las reflexiones de las ondas en cada ranura. Las simulaciones obtenidas nos dan una mayor uniformidad en el campo en cada elemento, aunque falta corroborar estas simulaciones con medidas.

Como líneas a seguir tenemos la realización de un diseño con esta filosofía para la aplicación de recepción de TV vía satélite en la banda de 12 GHz con polarización circular a izquierdas, su fabricación y la realización de diversas medidas. También queremos incorporar este estudio en nuestro software de diseño.

Referencias

- [1] Sierra P. M., Vera M., Pino A.G., Sierra C. M. "Analysis of Slot Antennas on a Radial Transmission Line". *International Journal of Microwave and Millimeter Wave Computer Aided Engineering*. Vol. 6, No. 2. Pp. 1115-127. Ed. John Wiley & Sons, Inc. (1996)
- [2] Sierra P. M., Redoli J., Vera M., Pino. A.G.. "Design and Analysis of slot array antennas on a radial feed line". *Proc. IEEE AP-S*. Vol.1, pp.362-365. Junio (1995).
- [3] Sierra P. M., Vera M. "Diseño de antenas de ranuras en guía radial teniendo en cuenta acoplamientos mutuos". *Actas del XI Simposio Nacional URSI 1996*. Vol I. pp. 484-487. (1996)
- [4] Vera M. "Diseño de Antenas de Ranuras sobre Guía Radial". *Tesis Doctoral. Universidad de Vigo* (1996)
- [5] Ando M. Sakurai K., Arimura K., Ito Y. "A Radial Line Slot Antenna for 12 GHz Satellite TV Reception". *IEEE Trans. Antennas and Prop.* Vol AP-33, pp. 1347-1353 (1985)
- [6] Sasazawa H., Oshima Y., Sakurai K., Ando M., Goto N., "Slot Coupling in a radial line slot antenna for 12 GHz Band Satellite TV Reception". *IEEE Trans. On Antennas and Propagation*. Vol. 36, n.9, (1988)
- [7] Ando M., "New DBS receiver antennas". *Proceedings of the 23rd Microwave Conference* (1993)
- [8] Natori M., Ando M., Goto N. "A Design of Coaxial-to Radial Line Adaptors in Radial Line Slot Antennas". *The Transactions of the IECE* Vol. E 73, nº 11. Nov. (1990).